

1<sup>ère</sup> Partie**ELECTROSTATIQUE**Chapitre ILOI DE COULOMB**Electrostatique : Etude des interactions électriques des particules chargées immobiles ("statiques")**I. RappelsI.1 Constitution de la matière

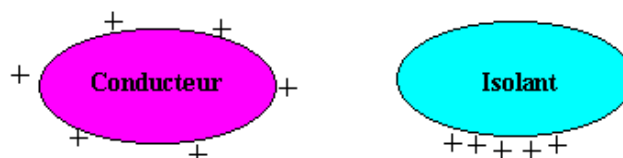
- matière ---> atomes
- atomes ---> noyaux, électrons
- 1 atome → **Z** électrons + noyau
- 1 noyau --> ( **Z** protons + **A – Z** neutrons)

|           | charge                               | Masse                             |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Electrons | $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ | $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$   |
| Protons   | $+e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ | $1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Neutrons  | 0                                    | $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ |

I.2 Charge électrique

- Charge totale d'un atome : **nulle**
- Si un électron est arraché (ou rajouté) à un atome, on a un **ion**.
- à l'échelle macroscopique, la "charge électrique" portée par un corps correspond à un **défaut** ou un **excès** d'électrons.
- Les charges mobiles sont, le plus souvent, des électrons.
- Toute charge Q est un **multiple entier** de la charge de l'électron :  $Q = \pm n \cdot e$
- Remarques : conducteur – isolant

**- isolant** ou diélectrique : les **e<sup>-</sup>** sont fortement liés aux atomes, il n'y a pas **d'e<sup>-</sup>** libre . Lorsque une charge électrique est créée, elle ne peut pas se déplacer (bois, verre, papier ...).



- **conducteur** (liaison métallique) : toute charge créée sur un matériau se répartit sur la surface. Les e<sup>-</sup> libres permettent le déplacement de cette charge.
- Les gaz sont formés de molécules neutres, ce sont des isolants. Les gaz ionisés sont conducteurs.

## II . Répartition des charges : différentes distributions de charges

II.1 Charges ponctuelles: dimensions négligeables par rapport aux distances entre les charges.

### II.2 Distributions continues de charges

- distribution linéique : la charge Q est répartie sur un fil de longueur L avec

une densité linéique  $\lambda = \frac{dq}{dl}$   $\lambda$  en C/m .

charge totale sur le fil :

$$dq = \lambda \cdot dl \rightarrow Q = \int dq = \int \lambda \cdot dl, \text{ si } \lambda = \text{cte} \text{ alors } Q = \lambda \cdot L$$

distribution surfacique : la charge Q est répartie sur une surface S avec une

densité surfacique  $\sigma = \frac{dq}{ds}$  ,  $\sigma$  en C/m<sup>2</sup> .

charge totale sur la surface :

$$dq = \sigma \cdot ds \rightarrow Q = \int dq = \int \sigma \cdot ds, \text{ si } \sigma = \text{cte} \text{ alors } Q = \sigma \cdot S$$

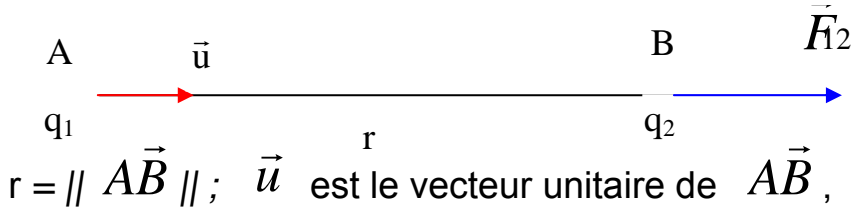
- distribution volumique : la charge Q est répartie dans un volume V avec une

densité volumique  $\rho = \frac{dq}{dv}$  ,  $\rho$  en C/m<sup>3</sup> . La Charge totale dans le volume V

$$dq = \rho dv \rightarrow Q = \int dq = \int \rho \cdot dv \text{ si } \rho = \text{cte} \text{ alors } Q = \rho \cdot V$$

### III. Loi de Coulomb

2 charges électriques ponctuelles  $q_1$  et  $q_2$ , placées à la distance  $r = AB$  exercent l'une sur l'autre une force donnée par la loi de Coulomb :



$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}$$

$\epsilon_0$  est la permittivité du vide :  $1/4\pi\epsilon_0 = 9.10^9$  SI

$\vec{F}_{21} = - \vec{F}_{12}$  , si  $q_1$  et  $q_2$  de même signes  $\rightarrow$  répulsion,

si  $q_1$  et  $q_2$  de signes contraire  $\rightarrow$  attraction

Remarques: - Unités : F en Newton,  $q_1$  et  $q_2$  en Coulomb, r en mètre,

- la loi de Coulomb est valable pour  $r > 10^{-12}$ m,

-  $q_1$  et  $q_2$  immobiles, sinon apparition des forces électromagnétiques.

#### Applications :

- Comparaison de la force électrostatique à la force d'attraction universelle :

Cas de 2 électrons : - Force d'attraction :  $F_g = G \frac{m_e^2}{r^2}$  ,  $G = 6,67.10^{-11}$ SI,

- Force électrostatique :  $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 G} \frac{e^2}{m_e^2} , \quad e = 1,610^{-19} \text{ C} , \quad m_e = 9,1.10^{-31} \text{ Kg} \rightarrow \frac{F_e}{F_g} = 4.10^{42} \rightarrow F_e = 4.10^{42} \times F_g$$

Conclusion : La force d'attraction est négligeable devant la force électrostatique.

- Force électrostatique exercée par un ensemble de charges sur une charge q  
(Principe de superposition) :

Un ensemble de charges  $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$  exercent sur une charge q des forces :

$$\vec{F}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q q_i}{r_i^2} \vec{u}_i$$

la résultante des forces exercées sur q sera :

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_i$$